

# DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED WRAN PARA ZONAS RURALES DE LA COSTA ECUATORIANA, CON EL ESTÁNDAR IEEE 802.22 EN NS-2

Néstor Naula - Patricia Chávez  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
gabrieln.n91@gmail.com - pchavez@fiec.espol.edu.ec

*Resumen-En este trabajo se analizó el estándar IEEE 802.22 con enfoque en los beneficios y ventajas, así como realizar la implementación simulada de una red tipo WRAN, diseñada para las zonas rurales de la costa ecuatoriana, con sus respectivas condiciones de entorno en la herramienta de simulación NS-2. También se verificó con la herramienta NS-2 la reutilización de las frecuencias que permite este protocolo, el cual se basa en el método de radio cognitiva. Para la implementación piloto se escogió la parroquia rural Roberto Astudillo del cantón Milagro. Esta zona se ha caracterizado por ser marginada por los distintos proveedores de servicios de red existentes; por lo cual nos enfocamos en diseñar y simular la factible red de comunicación en varios escenarios probando su funcionalidad, para tratar de brindar un servicio de red inalámbrica requerido por los institutos educacionales de esta zona rural de la costa ecuatoriana, pretendiendo mejorar los recursos de educación.*

*Abstract-This paper analyzed the standard IEEE 802.22 with a focus on the benefits and advantages, as well as perform the implementation of a simulated network WRAN type, designed for the rural areas of the Ecuadorian coast, with their respective environment conditions in the simulation tool NS-2. Also been verified with the NS-2 tool the reuse of frequencies that allows this protocol, which is based on the method of cognitive radio. For the pilot deployment was chosen the rural parish Roberto Astudillo of canton Milagro. This zone has been characterized by being marginalized by the various providers of existing network services; For this reason I focus on design and simulate the feasible communication network in several scenarios testing its functionality, in an attempt to provide a wireless network service required by the educational institutes in this rural area of the Ecuadorian coast, pretending to improve the resources of education.*

## I. Introducción

El propósito de esta investigación es diseñar un sistema de comunicación que reutilice ciertas bandas de frecuencias no utilizadas, específicamente para una zona rural, y así analizar su factible implementación en la parroquia Roberto Astudillo.

Este trabajo está dirigido al Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información del Ecuador para que conozcan la importante necesidad de implementar un nuevo sistema de comunicación en las zonas rurales. Este nuevo sistema de comunicación WRAN brinda a la comunidad un servicio de red a bajo costo.

Actualmente la tecnología en un radio enlace entre dispositivos, se dirige a la reutilización de frecuencias en base a las antenas inteligentes que permiten optimizar recursos y reducir la interferencia entre dispositivos siendo de gran utilidad e interés para establecer una comunicación a través de la red.

## II. Marco conceptual

### A. Estándar IEEE 802.22

El estándar IEEE 802.22, permite utilizar los espacios no utilizados en el espectro de frecuencia de los canales de televisión para las redes WRAN, siendo esta una nueva tecnología inalámbrica de banda ancha para transmitir y recibir información formando redes de banda rural. Este estándar lleva conectividad inalámbrica a poblaciones rurales aisladas de las tecnologías, así como lo hacen las redes basadas en microondas, o la fibra óptica, que pueden llegar a ser costosas. [1][2].

El estándar IEEE 802.22 WRAN, permite a los proveedores ofrecer servicios de datos móviles con menos transmisores que los sistemas celulares convencionales, usando un sólo canal de TV llega a tasas de transferencia de 19 Mbps, y si es necesario más velocidad de transferencia, se pueden usar más canales vacíos, en una técnica llamada "unión de

canales" donde el estándar IEEE 802.22 verifica la disponibilidad de espectro, y si no hay más canales vacíos de VHF, utilizar canales vacíos de UHF. Este estándar utiliza bandas ubicadas en VHF y el UHF, más específicamente, entre los 54 y los 862 Mhz de frecuencia. Sólo define la capa física, que es OFDMA, y capa MAC, que es entramada y determinista para permitir QoS y se asemeja a la tecnología WiMAX por su estructura MAC entramada y por tratarse de una tecnología de acceso, tiene una comunicación punto-multipunto y pueden operar sin licencia. [1] [2].

La capa de control de acceso al medio (MAC) del estándar IEEE 802.22 se asemeja a la capa MAC del estándar IEEE 802.16, al cual se lo denomina WIMAX, y la red puede tener una estación base (BS) y de uno (1) hasta 512 dispositivos locales del usuario (CPE) para su comunicación. [2][3]

El pilar fundamental del estándar IEEE 802.22 es la radio cognitiva que es según la referencia [8] “una forma de la comunicación inalámbrica en la que un transceptor inteligente puede detectar los canales de comunicación”. Permitiendo a los dispositivos cambiar de frecuencias rápidamente en el tiempo cuando sea necesario explorando el espectro de VHF y UHF, la finalidad es buscar o localizar canales de Televisión tanto analógica como digital y emisores de baja potencia, como micrófonos inalámbricos, radiocontroles, entre otros que no estén siendo utilizados, mejorando la comunicación al reducir al mínimo la interferencia con otras estaciones. Como lo muestra la Figura 1.

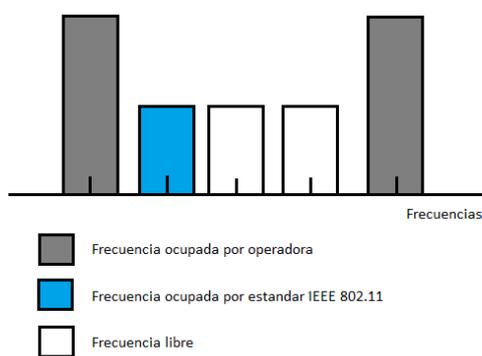


Figura 1. Espectro de frecuencia

El sistema WRAN permite evitar las interferencias que puede haber a través la red, manteniendo estable la comunicación entre los dispositivos. Este se encuentra formado por una o varias estaciones base (BS) y uno o varios equipos terminales del lado del cliente (CPE). Todos los CPEs que se encuentran en una red, su acceso al medio es controlado por la BS encargada [4].

B. NS-2

Simulador de red NS, en su versión 2 es una herramienta muy útil, la cual permite crear, editar y visualizar el modelo de red planteado con su interfaz gráfica denominada nam, simulando múltiples tipos de redes ya sean estas inalámbricas, cableadas o satelitales. Cuenta con una licencia publica GNU, el cual se ejecuta en GNU / Linux, FreeBSD, Solaris, Mac OS X y las versiones de Windows que admiten Cygwin [5]

En la arquitectura el usuario trabaja por medio de la Tcl para las simulaciones de las redes. El planificador de eventos maneja los eventos teniendo una cola de tareas, en la cual cada evento se ejecuta en forma ordenada. Los componentes de red se refieren a los enlaces, nodos, paquetes, entre otros. Tanto el planificador de eventos como los componentes de red están diseñados en lenguaje C++ y se vinculan con OTcl usando Tclcl para ser utilizadas. Todos estos componentes conforman el NS-2 [6]. Como se muestra en la Figura 2.



Figura 2 Arquitectura del NS-2

III. Análisis para determinar requerimientos

Para determinar las necesidades principales de la zona rural parroquia Roberto Astudillo, se realizó un análisis general de la zona escogida. Para el análisis, se enfocó en el sector educacional y se trató de conocer las condiciones que se encuentran las diez (10) escuelas existentes. Las características que se tomaron en cuenta, para conocer las necesidades de las escuelas fueron: la infraestructura, la tecnología que se aplica para la metodología de enseñanza.

Se planteó un esquema con un proceso corto para determinar los requerimientos, realizando una investigación al caso de forma general, analizando cada aspecto de la zona rural, para luego proceder al estudio de campo e indagar a las personas sus necesidades, para el aspecto educativo. Como se lo ilustra en la Figura 3.

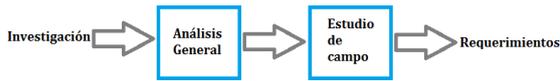


Figura 3 Proceso de determinación de requerimientos

Llegando a obtener que el 80% de las escuelas creen necesario contar con un servicio de internet para realizar sus actividades y enseñanza con mejores resultados. Destacando que solo una escuela ha sido visitada por un proveedor de servicio de internet ya que esta se encuentra aproximadamente en el centro del pueblo y el resto de escuelas no.

#### IV. Diseño de la red

##### A. Topología

Para la elección de la topología en el análisis que se hizo, acorde a las características que se requería para que la red WRAN con el estándar IEEE 802.22, tenga una factible funcionalidad. Se escogió una topología estrella inalámbrica de infraestructura, que satisfacía los requerimientos para establecer la comunicación, para su respectiva simulación.

##### B. Modelamiento

Se considera en general un escenario de zona rural con cultivos y árboles, edificios de hasta cuatro pisos, casas, y otras edificaciones de poca altura, como se ilustra en la Figura 4. En el cual, podría existir algunos sistemas de comunicación inalámbricos de corto o largo alcance, utilizando varios canales en el espectro de frecuencia.

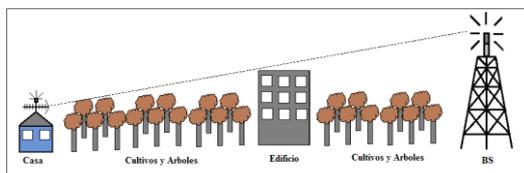


Figura 4 Generalidades de la parroquia Roberto Astudillo

Los escenarios se plantean acorde a la zona rural escogida. La cual es, la parroquia Roberto Astudillo del cantón Milagro. Se realizó el análisis y la descripción de la zona, sus limitaciones con Milagro y Naranjito, ubicando cada escuela en el plano geográfico, como se slo ilustra en la Figura 5.

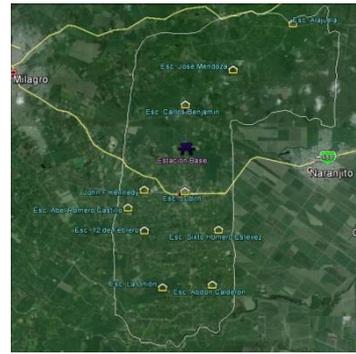


Figura 5 Mapa geográfico de la parroquia Roberto Astudillo

##### C. Escenario 1

Se considera un escenario, con una BS y cinco (5) CPEs. Los cuales, conforman un sistema de comunicación inalámbrica, que se ubican dentro de la parroquia Roberto Astudillo del cantón Milagro. La BS se comunica con los CPEs pasivos, en la banda de televisión UHF 500-608 MHz. También se considera un sistema de comunicación CANELA TV licenciado transmitiendo, en el centro del cantón Milagro. Las cinco (5) escuelas, que se escogieron son: Alajuela, José Mendoza, Carlos Benjamín, John Kennedy y Judith, para realizar los cálculos en el escenario. Por lo que, se realizó la siguiente Tabla 1.

Tabla 1 Canales asignados escenario 1

BS - CPE	Distancia (Km)	Frecuencia central (MHz)
BS – Alajuela	7.60	509
BS - José Mendoza	4.31	515
BS- Carlos Benjamín	2.21	521
BS - John Kennedy	2.56	527
BS – Judith	1.71	533

Se recopila los cálculos obtenidos en la propagación espacio libre y dos rayos, entre los dispositivos del escenario planteado. Los cuales, se ilustran en la Tabla 2.

Tabla 2 Cálculo de las propagaciones en el escenario 1

Enlace entre dispositivos	Tipo de propagación	
	Espacio libre (dB)	Dos rayos (dB)
CANELA TV - CPE en la escuela Judith	107.08	100.23
BS - CPE en la escuela Alajuela	104.19	101.28
BS - CPE en la escuela José Mendoza	99.37	91.39
BS - CPE en la escuela Carlos Benjamín	93.67	79.76
BS - CPE en la escuela John Kennedy	95.04	82.35
BS - CPE en la escuela Judith	91.63	75.34

En la ecuación se emplea la potencia que recepta el CPE de la repetidora CANELA TV y el umbral del dispositivo CPE, para saber la disponibilidad del canal.

Para la propagación espacio libre:

$$63.01 - 107.08 + 11 + 0 \leq -94.5 + 10$$

$$-33.07 \leq -84.5$$

Para la propagación dos rayos:

$$63.01 - 100.23 + 11 + 0 \leq -94.5 + 10$$

$$-26.22 \leq -84.5$$

Según la condición anterior y en ambas propagaciones, el CPE establece que el canal no está disponible. Por lo cual, procede a buscar otro canal en la banda VHF o UHF. Realizando de nuevo el cálculo, hasta encontrar un canal disponible para transmitir.

## V. Validación de la red

Primer Escenario: Como se explicó en la sección anterior se tuvo como parámetros principales: una estación base, una estación interferente, y cinco (5) CPEs. Por lo que en este caso se plantea siete (7) nodos, obteniendo los siguientes resultados como se lo ilustra en la Figura 6, 7, 8.

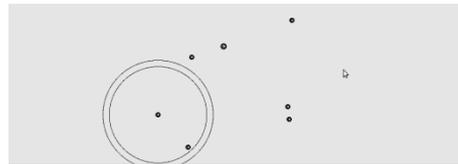


Figura 6 Primer escenario simulado

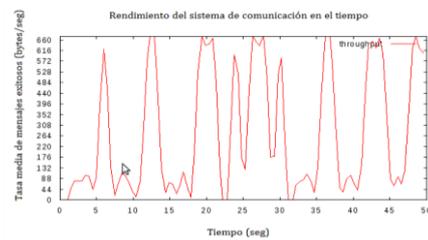


Figura 7 Tasa de mensajes exitosos

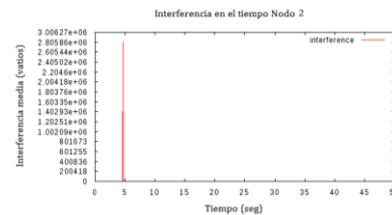


Figura 8 Interferencia en un nodo

## VI. Conclusiones

Se diseñó una red de tipo WRAN con varios escenarios en base al estándar IEEE 802.22, los cuales tienen las características de entorno de la zona rural Parroquia Roberto Astudillo. Comprobando que la herramienta de simulación NS-2, permitió simular los escenarios de forma eficaz para un análisis detallado de los resultados, pero con limitaciones en el aspecto de cobertura.

Se constató en el simulador NS-2 la funcionalidad del algoritmo que utiliza la radio cognitiva para detectar frecuencias disponibles, verificando que es posible la reutilización de canales en la banda de televisión en la zona rural Parroquia Roberto Astudillo, y con ello evitar interferencias en algún sistema de comunicación dentro de la zona, empleando los espacios vacíos de dichas bandas.

Se determinó los recursos en base al modelamiento y los escenarios simulados, determinando que el estándar IEEE 802.22 utiliza una estación base y múltiples dispositivos terminales de lado del usuario para establecer la comunicación en un sistema de red, con ello se pudo considerar una factible implementación real en la costa ecuatoriana.

## VII. Recomendaciones

Se recomienda que al plantear un escenario se considere la cobertura del sistema de comunicación a simular, debido a que el NS-2 tiene limitaciones en este aspecto. Teniendo un máximo de cobertura de 900 metros para lo referente a la detecciones de radio cognitiva.

Se recomienda considerar el tipo de antena a utilizar, debido a que el simulador NS-2 solo tiene antenas Omnidireccionales y dos tipos de propagación la de Espacio Libre y el Modelo de Dos Rayos (Reflexión Terrestre), para simular este protocolo. Por lo cual, si se desea utilizar algún otro modelo de antena o tipo de propagación se deberá hacer las modificaciones de la estructura del NS-2

## VIII. Referencias

- [1] Leonidas83glx, IEEE 802.22 El súper Wi-fi, <http://www.tdt-latinoamerica.tv/foro/ieee-802-22-el-super-wi-fi-t7147.html>, fecha de publicación abril de 2012.
- [2] Albentia System, IEEE 802.22: El nuevo estándar WRAN del IEE para acceso inalámbrico con radio cognitiva en la banda 54-862MHz, <http://albentia.wordpress.com/2011/08/04/ieee-802-22-el-nuevo-estandar-wran-del-ieee-para-acceso-inalambrico-con-radio-cognitiva-en-la-banda-54-862mhz/>, fecha de publicación agosto de 2011.
- [3] Anónimo, Qué es una estación repetidora <http://proton.ucting.udg.mx/dpto/tesis/xelgzu/5-3.html>, fecha de publicación junio de 2012.
- [4] IEEE, Part 22: Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Policies and Procedures for Operation in the TV Bands, IEEE Std 802.22™-2011, 2011.
- [5] Suarez Jose, Rodríguez Kimberlyn, Redes, <http://redescontent.blogspot.com/2012/07/simulador-ns-2.html>, fecha de publicación julio de 2012.
- [6] Maracara Marcos, Ramon Espinel, Zambrano Samuel, Simulador Ns-2, <http://simuladorns2.blogspot.com/>, fecha de publicación julio de 2012.
- [7] Roman Maršálek, Demian Lekomtcev, Comparison of 802.11af and 802.22 standards – physical layer and cognitive functionality, <http://elektrorevue.cz/en/articles/analogue-technics/0/comparison-of-802-11af-and-802-22-standards---physical-layer-and-cognitive-functionality/>, fecha de publicación junio de 2012.
- [8] Anónimo, Radio Cognitiva, <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/894/A5.pdf?sequence=5>, fecha de publicación abril de 2010.